

AE2

10/829,306

**II-VI COMPOUND SEMICONDUCTOR LIGHT EMISSION ELEMENT****Publication number:** JP8018161**Publication date:** 1996-01-19**Inventor:** IKEDA MASAO; TSUKAMOTO HIRONORI; TANIGUCHI  
OSAMU; ITO SATORU; SHIRAISHI SEIJI**Applicant:** SONY CORP**Classification:****- International:** *H01S5/00; H01S5/00*; (IPC1-7): H01S3/18**- European:****Application number:** JP19950102666 19950426**Priority number(s):** JP19950102666 19950426; JP19940088836 19940426**Report a data error here****Abstract of JP8018161**

**PURPOSE:** To obtain II-VI compound semiconductor laser in which the lifetime can be prolonged by retarding the proliferation rate of crystal defect. **CONSTITUTION:** The II-VI compound semiconductor light emission element has an active layer of quantum well structure comprising first and second clad layers of  $\text{Zn}_x\text{Mg}_{1-x}\text{Se}_1\text{y}$  ( $0 < x < 1$ ,  $0 < y < 1$ ) based compound semiconductor formed on a substrate, a quantum well layer of at least one  $\text{ZnACd1-ASBSe1-B}$  ( $0 < A < 1$ ,  $0 < B < 1$ ) formed between the first and second clad layers while strained compressively with respect to the substrate, and a barrier layer of at least one  $\text{ZnSzSe1-z}$  ( $0 < z < 1$ ) strained tensilely with respect to the substrate.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

AE2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-18161

(43) 公開日 平成8年(1996)1月19日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 S 3/18

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平7-102666

(22) 出願日 平成7年(1995)4月26日

(31) 優先権主張番号 特願平6-88836

(32) 優先日 平6(1994)4月26日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 池田 昌夫

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

一株式会社内

(72) 発明者 塚本 弘範

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

一株式会社内

(72) 発明者 谷口 理

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

一株式会社内

(74) 代理人 弁理士 松隈 秀盛

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 II-VI 族化合物半導体発光素子

(57) 【要約】

【目的】 結晶欠陥の増殖速度を抑え、長寿命化が可能となるII-VI族化合物半導体レーザを提供する。

【構成】 II-VI族化合物半導体発光素子による基板上の  $Zn_z Mg_{1-x} Sy Se_{1-y}$  ( $0 < x < 1$ ,  $0 < y < 1$ ) 系化合物半導体よりなる第1および第2のクラッド層と、これら第1および第2のクラッド層間に形成された少なくとも1層の  $Zn_A Cd_{1-A} Sb Se_{1-B}$  ( $0 < A < 1$ ,  $0 \leq B < 1$ ) による基板に対して圧縮歪みを有する量子井戸層と少なくとも1層の  $Zn Sz Se_{1-z}$  ( $0 < z < 1$ ) による基板に対して引っ張り歪みを有する障壁層とによる量子井戸構造の活性領域とを有する構成とする。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上の  $Zn_x Mg_{1-x} S_y Se_{1-y}$  ( $0 < x < 1$ ,  $0 < y < 1$ ) 系化合物半導体よりなる第1および第2のクラッド層と、  
上記第1および第2のクラッド層間の、少なくとも1層の  $Zn_A Cd_{1-A} SbSe_{1-B}$  ( $0 < A < 1$ ,  $0 \leq B < 1$ ) による上記基板に対して圧縮歪みを有する量子井戸層と、  
少なくとも1層の  $ZnS_z Se_{1-z}$  ( $0 < z < 1$ ) による上記基板に対して引っ張り歪みを有する障壁層とによる量子井戸構造の活性領域とを有することを特徴とするII-VI族化合物半導体発光素子。

【請求項2】 n番目 (nは1以上の自然数) の上記量子井戸層の圧縮歪み  $\epsilon_w$  と n番目 (nは1以上の自然数) の上記障壁層の引っ張り歪み  $\epsilon_b$  とによる全歪み量  $\epsilon = \epsilon_w / \epsilon_b = - \{ \sum \Delta a_{wn} / a_s \times L_{wn} \} / \{ \sum \Delta a_{bn} / a_s \times L_{bn} \}$

( $L_{wn}$ : n番目の量子井戸層の厚さ,  $L_{bn}$ : n番目の障壁層の厚さ

$\Delta a_{wn} / a_s$ : n番目の量子井戸層の基板との格子不整量

$\Delta a_{bn} / a_s$ : n番目の障壁層の基板との格子不整量) を  $0 < \epsilon \leq 1.55$  としたことを特徴とする請求項1に記載のII-VI族化合物半導体発光素子。

【請求項3】 上記量子井戸構造の少なくとも上記障壁層にp型不純物がドーピングされたことを特徴とする請求項1に記載のII-VI族化合物半導体発光素子。

【請求項4】 上記基板はGaAsよりなり、上記障壁層は、 $ZnS_z Se_{1-z}$  ( $0.06 < z < 1$ ) よりなることを特徴とする請求項1に記載のII-VI族化合物半導体発光素子。

【請求項5】 上記量子井戸層は  $Zn_A Cd_{1-A} Se$  ( $0 < A < 1$ ) よりなることを特徴とする請求項4に記載のII-VI族化合物半導体発光素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、量子井戸構造による活性領域が  $ZnMgSSe$  よりなる第1および第2のクラッド層によって挟み込まれてなる緑ないしは青の発光がなされるII-VI族化合物半導体発光素子に係わる。

## 【0002】

【従来の技術】 近年、歪み量子井戸を用いた半導体レーザの性能向上の研究、開発が活発化されている。この歪み量子井戸を用いた半導体レーザとしては、III-V族系半導体レーザの、600nm帯の波長の光を発生する  $AlGaInP$  系の半導体レーザ、1μm帯の波長の光を発生する  $InGaAs$  系の半導体レーザ、1.3~1.5μm帯の波長の光を発生する  $InGaAsP$  系の半導体レーザ等が開発されている。

【0003】 この多重量子井戸構造における歪み量子井

戸は、圧縮による歪みと引っ張りによる歪みとの2種の型があり、一般には、この歪み量子井戸を格子整合系の障壁層によって挟み込むものである。

【0004】 このIII-V族系化合物半導体レーザについては、応用物理学会、「応用物理」第62巻、第2号(1993)第134頁~第138頁に、歪導入によってしきい値電流の低減化、光出力増加、高速変調特性の向上、TE/TMモード制御性の向上等の性能改善が図られること、更にエーミング試験結果により、格子欠陥の形成が歪みの導入により増強されるものでないことが記述されている。

【0005】 そして、III-V族の  $InGaAsP$  系の多重量子井戸構造半導体レーザにおいて、その多重量子井戸構造における歪みを、障壁層における歪みによって相殺補償するようにしたレーザが、Applied Physics Letters Vol. 58, No. 18, 6 May 1991 第1952頁~第1954頁に開示されていて、これによりPL(フォトルミネッセンス)特性が向上したことが記述されている。

【0006】 しかし、上述した文献にみられるように、III-V族系半導体レーザでは、歪補償によって特性改善をはかるものではあるものの、この歪補償は結晶性と関わりがあるものではなく、この歪補償したことによる結晶性に関する問題はなんら生じない。

【0007】 すなわち、例えば応用物理学会、第57巻、第9号(1988)第1349(67)頁の記述およびその表1を参照して明らかなように、III-V族系においては、イントリンシック積層欠陥エネルギー、および還元積層欠陥エネルギーが共に大きいため、欠陥について考慮する必要はない。これに比し、II-VI族は積層欠陥エネルギーがかなり小さいことから歪による欠陥の発生が問題となってくる。

【0008】 一方、緑ないし青色で発振する  $ZnCdSe$  を歪み量子井戸、 $ZnSSe$  または  $ZnSe$  をガイド層、 $ZnMgSSe$  をクラッド層とするSCH構造によるII-VI族化合物半導体レーザが知られている。GainesらのApplied Physics Letters Vol. 62 No. 20 1993には、 $ZnCdSe/ZnSSe/ZnMgSSe$  によるSCH構造のII-VI族化合物半導体レーザの室温でのパルス発振が示されている。

【0009】 また、ItohらのJapanese Journal of Applied Physics Vol. 33 No. 7A 1994には、 $ZnCdSe/ZnSe/ZnMgSSe$  によるSCH構造の半導体レーザの室温でのパルス発振が示されている。上述のGainesらおよびItohらのSCH構造によるII-VI族化合物半導体レーザはいずれも単一量子井戸による活性領域を用いており、障壁層は用いていない。

【0010】 また、XieらのApplied Physics Letters Vol. 60 No. 20 1992には、 $ZnCdSe$  歪み量子井戸量および  $ZnSSe$  障壁層による多重量子井戸の活性領域を有する発光ダイオードが示されている。ここでの、Z

3

n S S e 障壁層のS組成は7%であり、GaAsよりなる基板と格子整合するようになされている。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、II-VI族化合物半導体レーザの寿命は、現状で数分程度である。これは、結晶欠陥の増殖速度が速く、素子が劣化し易いことによるものである (GuhaらのApplied Physics Letters Vol. 63 No. 23 1993)。

【0012】本発明の目的は、結晶欠陥の増殖速度を抑え、長寿命化が可能となるII-VI族化合物半導体レーザを提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明によるII-VI族化合物半導体発光素子による基板上の $Zn_x Mg_{1-x} Sy Se_{1-y}$  ( $0 < x < 1$ ,  $0 < y < 1$ ) 系化合物半導体よりなる第1および第2のクラッド層と、これら第1および第2のクラッド層間に形成された少なくとも1層の $Zn_A Cd_{1-A} Sb Se_{1-B}$  ( $0 < A < 1$ ,  $0 \leq B < 1$ ) による基板に対して圧縮歪みを有する量子井戸層と少なくとも1層の $ZnS_z Se_{1-z}$  ( $0 < z < 1$ ) による基板に対して引っ張り歪みを有する障壁層とによる量子井戸構造の活性領域とを有する構成とする。

【0014】

【作用】上述の本発明構成によれば、量子井戸構造の活性領域を有するII-VI族化合物半導体発光素子において、少なくとも1層の $Zn_A Cd_{1-A} Sb Se_{1-B}$  による基板に対して圧縮歪みを有する量子井戸層と、少なくとも1層の $ZnS_z Se_{1-z}$  による基板に対して引っ張り歪みを有する障壁層とによる量子井戸構造の活性領域とを有するとにより、結晶欠陥の増殖速度を抑え、素子の長寿命化が可能となる。更には、通常の歪み量子井戸層は臨界膜厚による制限をうけるが、上述の本発明の構成によれば、歪み量子井戸層の厚さを十分大にして、光の閉じ込めを充分行うことができ、信頼性が高いII-VI族化合物発光素子を提供することが可能となる。上述の作用は、本発明者等が鋭意研究の末、見出したものである。

【0015】

【実施例】本発明は、基板上に $Zn_x Mg_{1-x} Sy Se_{1-y}$  ( $0 < x < 1$ ,  $0 < y < 1$ ) 系化合物半導体よりなる第1および第2のクラッド層と、第1および第2のクラッド層間に形成された少なくとも1層の $Zn_A Cd_{1-A} Sb Se_{1-B}$  ( $0 < A < 1$ ,  $0 \leq B < 1$ ) による上記基板に対して圧縮歪みを有する量子井戸層と少なくとも1層の $ZnS_z Se_{1-z}$  ( $0 < z < 1$ ) による上記基板に対して引っ張り歪みを有する障壁層とによる量子井戸構造の活性領域とを有する構成とする。

【0016】そして、n番目 (nは1以上の自然数) の量子井戸層の圧縮歪み $\epsilon_w$  と n番目 (nは1以上の自然数) の障壁層の引っ張り歪み $\epsilon_b$  とによる下記 (数1)

4

の全歪み量を、 $0 < \epsilon \leq 1.55$  とする。

【0017】

【数1】  $\epsilon = \epsilon_w / \epsilon_b = - \{ \sum \Delta a_{wn} / a_s \times L_{wn} \} / \{ \sum \Delta a_{bn} / a_s \times L_{bn} \}$

【0018】ただし、(数1)において、 $L_{wn}$ はn番目の量子井戸層の厚さ、 $L_{bn}$ はn番目の障壁層の厚さ、 $\Delta a_{wn} / a_s$  はn番目の量子井戸層の基板との格子不整合量、 $\Delta a_{bn} / a_s$  はn番目の障壁層の基板との格子不整合量である。

10 【0019】上述の量子井戸構造の少なくとも障壁層は、p型不純物がドーブされた層とする。

【0020】このとき、障壁層は、 $ZnS_z Se_{1-z}$  ( $0.06 < z < 1$ ) とし得る。

【0021】量子井戸層は $Zn_A Cd_{1-A} Se$  ( $0 < A < 1$ ) とし得る。

【0022】図面を参照して本発明による半導体発光素子の実施例を説明する。図1には本発明による半導体レーザの一実施例であるDH構造 (Double Hetero structure) 半導体レーザの概略断面図を示す。図1の半導体レーザは、基板1上に、バッファ層2、第1のクラッド層11、量子井戸構造による活性領域3、第2のクラッド層12、コンタクト層4を順次連続的に例えばMBE (分子線エピタキシー) によってエピタキシャル成長する。

【0023】コンタクト層4には、例えばPd, Pt, Auの多層構造によるp側電極5がオーミックに被着形成され、基板1の裏面には例えばInによるn側電極6がオーミックに被着される。

【0024】基板1は、比較的廉価で、結晶性に優れた例えばn型のGaAs基板が用いられる。バッファ層2は、例えばエピタキシャル成長したn型のGaAs薄膜とn型のZnSe薄膜とによる二層構造とし得る。

【0025】第1および第2のクラッド層11および12は、それぞれn型およびp型の $Zn_x Mg_{1-x} Sy Se_{1-y}$  ( $0 < x < 1$ ,  $0 < y < 1$ ) によって構成される。コンタクト層4は、例えばp型の $ZnTe$ 薄膜とp型のZnSe薄膜との繰り返し積層構造とし得る。

【0026】第1および第2のクラッド層11および12間の量子井戸構造による活性領域3は、図2にこの部分の概略断面図を示すように、 $Zn_A Cd_{1-A} Sb Se_{1-B}$  ( $0 < A < 1$ ,  $0 \leq B < 1$ ) による圧縮歪み量子井戸層3Wと $ZnS_z Se_{1-z}$  ( $0 < z < 1$ ) による引っ張り歪み障壁3Bとによる多重量子井戸構造とする。

【0027】この量子井戸層3Wの圧縮歪み量は、 $Zn_A Cd_{1-A} Sb Se_{1-B}$  のCd量により、また、障壁層3Bの引っ張り歪み量は、 $ZnS_z Se_{1-z}$  のS量によってそれぞれ選定することができる。

【0028】この構成において、第1および第2のクラッド層11および12を構成する $Zn_x Mg_{1-x} Sy Se_{1-y}$  の組成は次のように選定される。この場合、Ga

5

As基板1に格子整合する $Zn_xMg_{1-x}SrSe_{1-y}$ の組成 $x$ および $y$ と、そのバンドギャップとの関係は、図3に示すように、実験的に求められている。図3において曲線31xはその $x$ 値を示し、曲線31yはその $y$ 値を示す。

【0029】今、第1および第2のクラッド層11および12が、GaAsと整合し、かつ77Kでのバンドギャップが、3.0eV（室温で2.9eV）の $ZnMgSSe$ によって構成する場合には、その $Zn_xMg_{1-x}SrSe_{1-y}$ の組成は、曲線31xから $x=0.88$ 、曲線31yから $y=0.20$ であることが分かり、この場合、第1および第2のクラッド層11および12は、 $Zn_{0.88}Mg_{0.12}Sr_{0.20}Se_{0.80}$ に選定される。

【0030】この $Zn_xMg_{1-x}SrSe_{1-y}$ によるクラッド層のMBEは、Zn, Mg, ZnS, Seの各原料セルが用いられる、n型の第1のクラッド層11のエピタキシャル成長においては、例えば $ZnCl_2$ 原料セルがn型ドーパントとして用いられて、これらからの各分子線量が調整されてMBEがなされる。

【0031】量子井戸構造の活性領域3の障壁層3Bは、例えば上述の第1のクラッド層11をエピタキシャル成長する $Zn_{0.88}Mg_{0.12}Sr_{0.20}Se_{0.80}$ のMBEにおいて、そのMgおよびn型不純物の $ZnCl_2$ 原料セルの供給を停止し、Zn, ZnS, Se, 各原料セルとp型不純物源として窒素Nのプラズマガンからの各分子線照射を行うことでp型の $ZnSr_{0.20}Se_{0.80}$ として形成することができ、圧縮歪み量子井戸層3Wの例えばp型の $Zn_{1-A}Cd_{1-A}SbSe_{1-B}$ は、Zn, ZnS, Se, Cd各原料セルからの分子線照射によってMBEすることができる。

【0032】この量子井戸構造の活性領域3において、その量子井戸層3Wの圧縮歪みおよび障壁層3Bによる引っ張り歪みによって生じる全歪み量、量子井戸層3Wの基板との格子不整合および障壁層3Bの基板との格子不整合は、それぞれ下記(数2)(すなわち前記(数1))、(数3)および(数4)によって決定される。

【0033】

$$\text{【数2】 } \varepsilon = \varepsilon_W / \varepsilon_B = - \{ \Sigma \Delta a_{Wn} / a_s \times L_{Wn} \} / \{ \Sigma \Delta a_{Bn} / a_s \times L_{Bn} \}$$

【0034】

$$\text{【数3】 } \Delta a_{Wn} / a_s = (a_{Wn} - a_s) / a_s$$

【0035】

$$\text{【数4】 } \Delta a_{Bn} / a_s = (a_{Bn} - a_s) / a_s$$

【0036】ここで、

$\varepsilon_W$  : 量子井戸層の歪み量  $\varepsilon_B$  : 障壁層の歪み量

$a_{Wn}$  : 第n層の量子井戸層の格子定数  $a_{Bn}$  : 第n層の障壁層の格子定数

6

$L_{Wn}$  : 第n層の量子井戸層の厚さ  $L_{Bn}$  : 第n層の障壁層の厚さ

$a_s$  : 基板の格子定数

【0037】量子井戸層の歪み量に比し、障壁層の歪み量を大とした場合には、(数1)、(数2)において $0 < \varepsilon < 1$ となり、逆の場合は $1 < \varepsilon$ となる。また、活性領域3における圧縮歪みおよび引っ張り歪みを完全に補償、すなわち相殺するには $\varepsilon_W / \varepsilon_B$ とすれば良い。

【0038】今、量子井戸層3Wとして、 $Zn_{1-A}Cd_{1-A}SbSe_{1-B}$ において、 $B=0$ とする $Zn_{1-A}Cd_{1-A}Se$ を用いる場合についてみると、実際の半導体レーザでは、Cdの組成Aと厚さ $L_W$ が概ね量子単位からの発光波長を支配するものであることから、所望の発光波長例えば $\lambda=490nm$ を得るには、 $A=0.25$ 、 $L_W=30\text{\AA}$ に設定すれば良いので、このとき、量子井戸層3Wの圧縮歪み $\varepsilon_W$ は、表1の格子定数からベガード則を仮定して格子不整合度 $\Delta a/a$ にして+2.1%となる。一方、 $z=0.20$ の $ZnSr_{0.20}Se_{0.80}$ 障壁層3Bの引っ張り歪み $\varepsilon_B$ は、同様に表1から-0.65%となる。そして、量子井戸構造による活性領域3の量子井戸層数 $n=5$ であるとする、(数1)から $L_B=120\text{\AA}$ となる。

【0039】

【表1】

II-VI族化合物半導体及びGaAsの格子定数

材 料	格子定数 (Å)
ZnSe	5.668
ZnS	5.409
CdSe	6.077
GaAs	5.653

【0040】尚、上述した本発明構成においては、その量子井戸構造の活性領域3において、p型の不純物をドーピングした構成とした場合である。今このような不純物のドーピングを行わずに、各層3Wおよび3Bが真性半導体である場合についてみると、異なる2つの材料界面のバンドオフセットはZnSeを基準に表2で示される割合で伝導帯および価電子帯へ振り分けられることから、歪みによるバンドギャップのシフトを無視してその価電子帯の頂上のバンド構造を示すと、図4のようになる。従って、p型の $ZnMgSSe$ 側から注入される正孔hに対し障壁層3Bによるバリアが発生し、これが各井戸への均一な注入を損ない動作電流の増大、しきい値電流 $I_{th}$ の増加、寿命の低下をきたす。

【0041】

【表2】

7  
ヘテロ接合におけるバンドギャップ差 $\Delta E$ の伝導帯  
及び価電子帯への分配率の例

ヘテロ接合	分配率 (%)	
	伝導帯 $\Delta E_c / \Delta E_g$	価電子帯 $\Delta E_v / \Delta E_g$
$Zn_{0.76}Cd_{0.24}Se/ZnSe$	78	22
$ZnSe/Zn_{0.25}Se_{0.75}$	—6	106
$ZnSe/Zn_{0.99}Mg_{0.01}S_{0.20}Se_{0.80}$	41	59

【0042】これに対して、上述したように、その量子井戸構造の活性領域3全体にあるいは障壁層3Bに、p型の不純物をドーピングした構成とした場合の価電子帯の頂上のバンド構造を図5に示す。図5においてはフェルミレベルの平坦化により第2のクラッド層のp型のZnMgSSe側から注入される正孔hに対する障壁層3Bによるバリアの発生を回避でき、このII-VI族ZnMgSSe系材料固有のバンド構造に起因した問題の解決をはかることができる。これによって各井戸への均一な注入を行うことができ、動作電流、しきい値電流 $I_{th}$ の低減化、寿命の向上をはかることができる。

【0043】上述したように、本発明では、活性領域3において歪み補償量子井戸構造を採用したことによって量子井戸の全体的厚さを充分大とすることができ、キャリアおよび光の閉じ込めを充分行うようにできる。

【0044】図6には本発明による半導体発光素子の他の実施例であるSCH構造 (Separated Confinement structure) 半導体レーザの概略断面図を示す。図6においては、例えばn型の基板1上に、バッファ層2、第1のクラッド層11、第1のガイド層21、量子井戸構造による活性領域3、第2のガイド層22、第2のクラッド層12、コンタクト層4を順次連続的に例えばMBEによってエピタキシャル成長する。そして、コンタクト層4上および基板1の裏面にそれぞれ電極5および6をオーミックに被着する。

【0045】第1および第2のガイド層21および22は、それぞれn型およびp型のZnScSe<sub>1-c</sub> ( $0 \leq c < 1$ ) により構成することができる。

【0046】基板1、バッファ層2、第1および第2のクラッド層11および12、量子井戸構造による活性領域3、コンタクト層4、電極5および6は前述のDH構造半導体レーザの実施例と同様の構成をとることができる。

【0047】また、上述のDH構造およびSCH構造半導体レーザにおいて、活性領域を単一量子井戸構造により構成する場合には、図7に示すように、ガイド層と障壁層で異なるS組成のZnSSe系化合物半導体を用いることができる。図7においては、例えば、ガイド層の

S組成を6%とし、障壁層のS組成を19%とする。

【0048】また、ガイド層は図8に示すように、p側とn側で異なる厚さとしてもよい。図8に示すように、ガイド層を正孔にとってバリアとなるp側で薄く、n側で厚く構成した場合、正孔の注入を容易にしつつ歪み補償が可能となる。図8においては、例えばp側ガイド層およびn側ガイド層の厚さをそれぞれ60Åおよび100Åとした。

【0049】以下に実際のSCH構造半導体レーザの全歪み量 $\epsilon$ と寿命および従来寿命を律速していた転位の増殖速度の評価結果を示す。

【0050】(実施例1) 実施例1は、図6に示したSCH構造半導体レーザにおいて、圧縮歪み量子井戸層3Wは、層数 $n=3$ の $Zn_{0.78}Cd_{0.22}Se$  ( $a_{W1-3}=5.758\text{Å}$ ) によって構成し、その厚さ $L_{W1-3}=50\text{Å}$ とした。また、層数 $n=2$ の引っぱり歪み障壁層3Bは、 $Zn_{0.10}Se_{0.90}$  ( $a_{B1-2}=5.634\text{Å}$ ) によって構成し、その厚さ $L_{B1-2}=90\text{Å}$ とした。基板1にはGaAs ( $a_s=5.653\text{Å}$ ) を用いた。この時の全歪み量 $\epsilon=1.53$ であった。この実施例1の半導体レーザは、1mWの光出力下において波長508nmで1時間45分の室温連続発振が実現し、従来のII-VI族化合物半導体レーザに比して信頼性の改善がはかられた。発振を停止した試料を解析したところ、電極部に破壊が認められ、欠陥の増殖により発振停止したものではないことが判明した。

【0051】(実施例2) 実施例2の半導体レーザは、圧縮歪み量子井戸層の組成および厚さと引っぱり歪み障壁層の厚さを代えた他は実施例1と同様に構成した。ここで、圧縮歪み量子井戸層は $Zn_{0.75}Cd_{0.25}Se$  ( $a_{W1-3}=5.770\text{Å}$ ) によって構成し、その厚さ $L_{W1-3}=40\text{Å}$ とした。また、引っぱり歪み障壁層は $Zn_{0.18}Se_{0.82}$  によって構成し、その厚さ $L_{B1-2}=88\text{Å}$ とした。このときの全歪み量 $\epsilon=1.42$ であった。この実施例2の半導体レーザは、1mWの光出力下において波長513nmで2時間16分の室温連続発振が実現し、実施例1と同様に従来のII-VI族化合物半導体レーザに比して信頼性の改善がはかられた。発振を停止した試料

9

を解析したところ、電極部に破壊が認められ、欠陥の増殖により発振停止したものではないことが判明した。

【0052】表3に、実施例3～10および比較例1～6の各半導体レーザーの歪み量 $\epsilon$ と欠陥の増殖による暗線の伸びの評価結果を示す。暗線の伸びを評価する試料は、GuhaらのApplied Physics Letters Vol. 63 No. 23 1993 に示されるように、図6に示したSCH構造半導体レーザーの電極5のかわりに光を透過する程度の薄い金電極を形成したものをを用いた。尚、実施例3～5では、単一量子井戸構造、実施例6～10および比較例1～6

10

5-劣化が速い。前面が暗線で覆われる。

4-暗線がかなり伸びる。10 $\mu$ m以上の暗線が観察される。

20

3-暗線が伸びる。3～9 $\mu$ m程度の暗線が観察される。

2-暗線が少し伸びる。3 $\mu$ m未満の暗線が観察される。

1-ほとんど変化なし。

【0053】

【表3】

10

	全歪み量 $\epsilon$	暗線の伸び
実施例 3	0.369	1
4	0.534	1
5	0.594	1
6	0.944	1
7	1.077	1
8	1.146	2
9	1.188	2
10	1.301	3
11	1.318	2
12	1.342	2
13	1.464	3
14	1.400	3
比較例 1	1.592	4
2	1.628	4
3	2.109	4
4	2.172	5
5	2.101	5
6	2.495	4

【0054】上述のように、本発明による半導体発光素子において、大幅な寿命特性の改善および従来寿命を律速していた欠陥の増殖速度の低減をはかることができた。

【0055】尚、本発明は上述の実施例に限らず、本発明の要旨を変更しない範囲内で適宜変更することができる。例えば、基板1としてGaAs以外にZnSeを用いることができる。また、基板1の導電型はp型としてもよい。また、正孔hに対する障壁層3Bのバリアがあまり小さくなく、半導体発光素子の動作に支障をきたさなければ障壁層3Bはn型の不純物ドーブまたはノンドープとしてもよい。

【0056】

【発明の効果】上述したように、本発明によれば、II-VI族化合物半導体発光素子において、その活性領域を圧縮歪みを有する量子井戸層と、引っ張り歪みを有する障壁層とにより構成することによって、欠陥の増殖を抑え、素子の寿命特性を改善することができる。また、井戸量子層の総和を臨界膜厚に制限されず充分大とすることができることによって、量子井戸構造による活性領域の光の閉じ込めを充分行うことができる。従って、発光効率の高い緑ないしは青の発光がなされるII-VI族化合物半導体発光素子を構成することができる。また、量子井戸構造において、歪み量子井戸層または障壁層にp型の不純物のドーピングがなされた構成とした場合、活性領域への正孔の注入に対してバリアとなるエネルギーギ

11

ャップの発生を回避することができるので、しきい値電流の低減化、動作電流の低減化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による半導体発光素子の一例の概略断面図である。

【図2】本発明による半導体発光素子の一例の活性領域の一例の概略断面図である。

【図3】GaAs基板に格子整合する $Zn_xMg_{1-x}SySe_{1-y}$ の $x$ および $y$ とバンドギャップとの関係を示す図である。

【図4】本発明による半導体発光素子のクラッド層と量子井戸構造による活性領域の一例の価電子帯頂上のバンド構造図である。

【図5】本発明による半導体発光素子のクラッド層と量子井戸構造による活性領域の他の例の価電子帯頂上のバンド構造図である。

【図6】本発明による半導体発光素子の他の例の概略断

12

面図である。

【図7】本発明による半導体発光素子のクラッド層とガイド層と量子井戸構造による活性領域の一例のバンド構造図である。

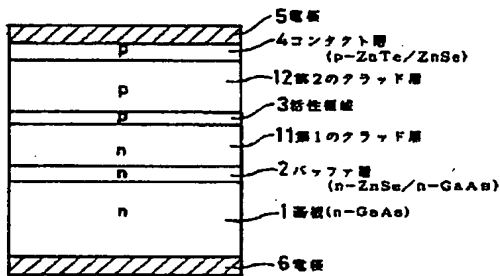
【図8】本発明による半導体発光素子のクラッド層とガイド層と量子井戸構造による活性領域の一例のバンド構造図である。

【符号の説明】

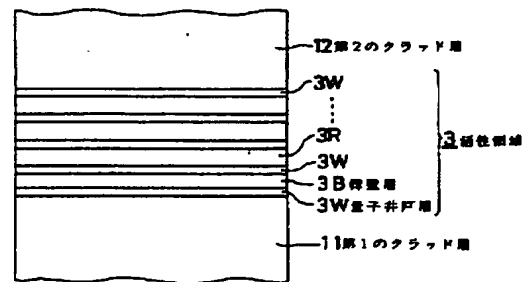
- 1 基板
- 3 活性領域
- 3W 量子井戸層
- 3B 障壁層
- 11 第1のクラッド層
- 12 第2のクラッド層
- 21 第1のガイド層
- 22 第2のガイド層

10

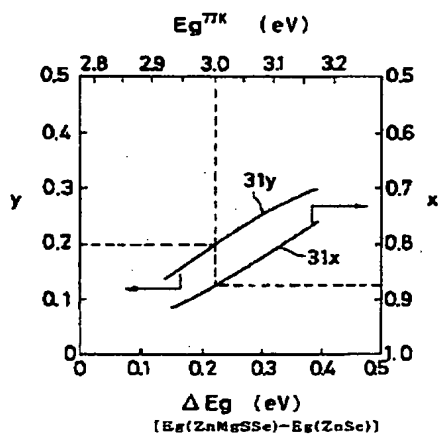
【図1】



【図2】

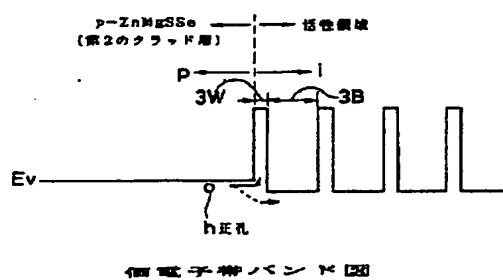


【図3】



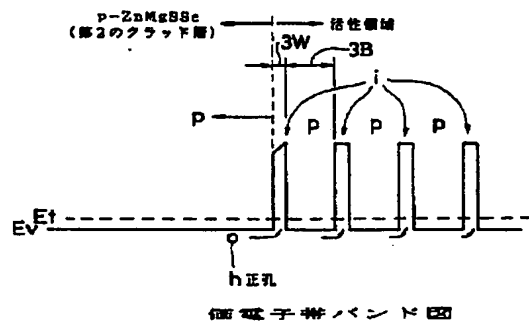
GaAsに整合する $Zn_xMg_{1-x}SySe_{1-y}$ の $x, y$ とバンドギャップの関係を示す図

【図4】

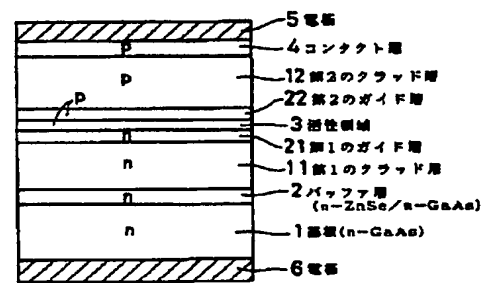




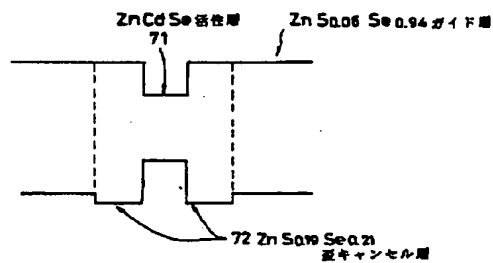
【図5】



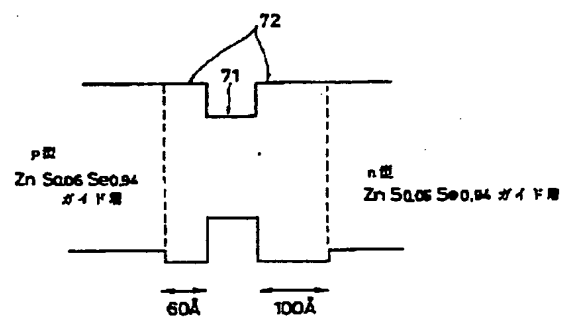
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72) 発明者 伊藤 哲  
東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 35 号 ソニ  
ー株式会社内

(72) 発明者 白石 誠司  
東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 35 号 ソニ  
ー株式会社内